

PA18) 서울시 지하철 역사 내 PM₁₀ 오염원의 기여도 추정 Estimation of PM₁₀ Source Contribution in the Seoul Subway Stations

차재두 · 장철순 · 황인조¹⁾ · 김동술

경희대학교 환경응용화학대학 대기오염연구실, ¹⁾경희대학교 산학협력기술연구원

1. 서 론

서울시 지하철은 1974년 1호선을 시작으로 현재 8호선까지 운행되고 있으며, 40 %이상의 높은 수송 분담율을 기록하고 있다. 또한 이용 승객의 증가와 함께 주변의 지하상가와 역세권을 형성하여, 주요 교통수단 및 서울시민의 중요한 생활공간으로 자리 잡게 되었다(한근혁, 2002). 그러나 서울시 지하철의 지하역사는 실외공간과 달리 공간적 밀폐성으로 공기질 악화문제에 직면하고 있다(황경부, 2002). 지하역사의 PM₁₀ 오염원은 지하철 이용 승객들에 의해 발생하는 경우, 열차운행과정에서 발생하는 경우 그리고 환기에 의한 외부공기에 포함된 PM₁₀의 유입 등을 들 수 있으며 이들 오염원이 복합적으로 작용하여 지하역사 내부의 PM₁₀ 오염농도가 결정되는 것으로 알려져 있다(최형욱, 2002). 따라서 본 연구에서는 지하철 역사 내의 적절한 환경기준의 달성을 위한 합리적인 PM₁₀ 저감방안을 모색하기 위하여 지하철 역사의 외기, 대합실, 승강장, 터널구간의 PM₁₀ 오염수준 측정 및 농도변화 추이를 분석하였다. 또한 PM₁₀의 중금속 성분을 분석하고 최종적으로 수용모델을 이용하여 오염원의 정성적 분리 및 정량적 기여도를 추정하고 지하역사 내 공기질 개선을 위한 제어대책 및 저감방안을 제시하였다.

2. 연구 방법

본 연구는 여름철(2002년 7월 31일 ~ 8월 9일)과 겨울철(2003년 1월 11일 ~ 1월 21일)에 1호선 시청역, 2호선 동대문운동장역, 3호선 충무로역, 4호선 미아삼거리역을 대상으로 외기, 대합실, 승강장(환승역 승강장 포함), 본선터널에서 mini-volume portable sampler를 사용하여 PM₁₀ 시료를 채취하였다. 채취유량은 5 l/min으로 24시간 채취하였고, 모든 sampler는 받침대를 이용하여 지면으로부터 1.5m높이에 설치하였다. 시료채취에 사용한 여지는 미국 Corning Costa사의 직경 47mm, pore size 0.2µm의 Membra-Fil membrane filter를 사용하였다. PM₁₀ 농도계산 후에 중금속 성분 분석을 위하여 Questron(U.S.A., Questron Co., Model Q-15 MicroPrep)을 이용한 질산 전처리법을 수행하였다. 전처리가 끝난 시료는 ICP-AES(DRE ICP, Leeman Labs Inc.)로 20개 항목(V, Mn, Cu, Cd, Ni, Si, Cr, Co, Al, Ce, Zn, Mg, Ca, K, Na, Pb, Se, Fe, Ba, Ti)의 중금속에 대하여 분석을 실시하였다. 그리고 최종적으로 PMF 모델링을 이용하여 오염원을 분류하고 그 기여도를 추정하였다(황인조, 2003).

3. 결과 및 고찰

측정이 수행된 역사에서 일반적으로 터널 > 승강장 > 대합실 > 외기 > 순으로 PM₁₀ 농도 경향을 보였다. 터널의 경우, 모든 역에서 PM₁₀의 24시간 환경기준치인 150 µg/m³를 모두 초과한 것으로 조사되었다. 또한 일부 역사의 승강장에서도 기준치를 초과하는 높은 PM₁₀ 농도 수준을 보이고 있었다.

표 1은 PMF 모델링을 통하여 얻어진 서울시 지하철 측정역사별 PM₁₀ 오염원과 평균 기여도를 나타낸 것이다. PMF 모델링 결과를 통하여 PM₁₀ 오염원을 토양관련(soil related) 오염원, 외부복합(outdoor source) 오염원, 철관련(ferrous related)으로 분류하였다. 토양관련 오염원은 지하 역사를 이용하는 승객이나 유동인구의 신발과 옷 등에 묻어 역사 내부로 유입되거나 환기에 의해 외부의 자동차 운행에 따른 마모에 의해 발생한 도로분진과 같은 토양성분이 역사 내부로 유입된 경우 등에 의해 토양관련 오염원의 영향이 나타나는 것으로 사료된다. 외부복합 오염원의 경우는 쓰레기불법소각, 경유나 B-C 유 등의 연소, 자동차 운행에 따른 마모에 의한 도로분진의 유입 등 여러 가지 복합적인 원인에 의한 것으로 추정된다. 철관련 오염원은 전동차 운행 시 브레이크 사용에 의한 브레이크 및 레일의 마모, 열차바퀴의 마모, 전선의 마모 등의 요인에 의해 배출된 것으로 추정하였다(Christer et al., 2003).

각 역사별 PM₁₀ 오염원의 평균 기여도를 조사한 결과 토양관련, 외부복합, 철관련 오염원이 각각 대합실의 경우 20.0 %, 55.6 %, 24.2 %, 승강장의 경우 14.4 %, 29.9 %, 55.7 %, 터널의 경우 16.0 %, 18.6 %, 65.4 % 로 나타났다. 대합실의 경우 각 역사에 대하여 공통적으로 외부복합 오염원이 가장 높게 기여한 것으로 나타났으며, 승강장의 경우는 대합실과 다르게 철관련 오염원이 가장 높게 조사되었다. 터널의 경우에는 승강장과 마찬가지로 철 관련 오염원이 다른 오염원들에 비해 매우 높게 기여한 것으로 나타났다.

Table 1. Average source contribution of PM₁₀ using PMF in the Seoul Subway Stations
(단위 : 중량 %)

측정장소		Soil related	Outdoor source	Ferrous related
시청	대합실	17.3	50.6	32.1
	승강장	16.1	12.4	71.5
	터널	15.5	10.8	73.7
동대문운동장	대합실	21.6	71.1	7.3
	승강장	18.6	37.3	44.1
	터널	18.5	18.6	62.9
충무로	대합실	16.9	53.9	29.2
	승강장	6.2	31.7	62.1
	터널	16.5	28.1	55.4
미아삼거리	대합실	24.8	47.0	28.2
	승강장	16.7	38.1	45.2
	터널	13.4	17.0	69.6
Average	대합실	20.2	55.6	24.2
	승강장	14.4	29.9	55.7
	터널	16.0	18.6	65.4

사 사

본 연구는 2002년도 서울특별시지하철공사의 지하공기오염 저감방안에 관한 연구의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 최형욱 (2002) 「분진의 개수농도 및 질량농도에 입각한 서울시 지하철 역사 내 오염원 기여도 결정」, 경희대학교 대학원 환경학과 석사학위 논문.
- 한근혁 (2002) 「SEM/EDX를 이용한 서울시 지하철 역사 내 오염원의 기여도에 관한 연구」, 경희대학교 대학원 환경학과 석사학위 논문.
- 환경부 (2002) 「실내공간 실내공기오염 특성 및 관리 방법 연구」.
- 황인조 (2003) 「PMF 모델을 이용한 대기 중 PM₁₀ 오염원의 정량적 기여도 추정」, 경희대학교 대학원 환경학과 박사학위 논문.
- Christer Johansson, Per-Ake Johansson (2003) 「Particulate matter in the underground of Stockholm」, Atmospheric Environment, 37, 3-9.